

醱酵及び食糧工業に於ける乾燥に就いて

大阪大学工学部醱酵工学教室 芝 崎 勳

醱酵及び食糧工業に於ける乾燥は対象物が一般に熱に不安定なものが多く且つ対象物の保存上極めて重要な単位操作である。該工業全般の乾燥問題に就いて述べる事は限りある紙面では不可能であるので以下代表的な製品を挙げ之が乾燥に就いて概説する事とした。

I ペニシリン等抗菌物質の乾燥

周知の如くペニシリン(以下 Pen と記す)は極めて熱に対し不安定であり之を溶液として保存する時は急速に効力を低下するので製品は完全な乾燥状態にしなければならぬ。依つて Pen 工業の当初より乾燥血漿製造と同一操作に依る最終濃縮液の凍結乾燥法が採用され、これと同時に真空ドラム乾燥、噴霧乾燥、高周波乾燥の研究、特許も数多く発表された。其後、Pen 結晶として工業的に分離せられる様になり、之が乾燥(脱湿)には真空乾燥(Vacuum desiccation)に依っているところが多いが、過去に於て汎用された最終濃厚液(final rich water)等よりの乾燥方式の概要を述べる事は、他の非耐熱性抗菌物質等の処理に対し若干の参考になると思ふ。

a) 凍結乾燥

乾燥装置は凍結器、蒸発器、凝結器、真空ポンプ及び冷凍機等よりなり、Pen の最終濃厚液を -40° 乃至 -50° で凍結せしめ、之を真空・低温条件下に凍結水分を昇華凝結せしめるもので次の利点がある。

①熱分解(対象物の)が少ない

②高度の活性を保持した膨脹した構造(isophylic)の乾燥物がえられる。

③乾燥物の溶解性が良好である

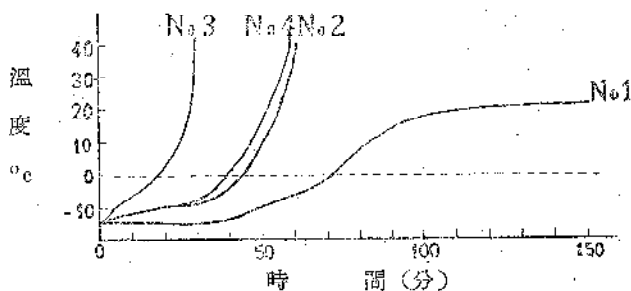
④乾燥が完全に行われ従つて貯蔵性が良い。

⑤無菌操作が容易に行える

Fleming (1946)¹⁾ は Pen 製造初期の乾燥操作に於いて凍結乾燥法が他の方法に優る点を指摘し、Singer (1946~1947)²⁾ は工場に於ける乾燥条件として乾燥装置のコイル温度は -45° 乃至 -50°C が良く(この温度で氷の蒸気圧は $0.03\sim 0.05\text{ mmHg}$ である)0.03 mmの残留空気で、凍結 Pen は乾燥機中 -28 乃至 -30°C に保ち約5時間で乾燥が終了すると報告し、根井等(1947)³⁾は凍結 Pen 溶液を高周波にて適当に加熱するとき Pen 力価回収率95%以上で乾燥時間を常温の場合に比し $1/2\sim 1/6$ に短縮出来るがこれは従来の電気ヒーター加熱法と大差はないと述べている。(第1表第1図参照)

第 1 表

番号	乾燥方法	乾燥時間	溶解性	力 價	
				u./cc	収率 %
1	凍 結 乾 燥	時間 分 2 30	良	924	100
2	凍 結+高 周 波	40~60分	良	878~916	95~99
3	凍 結+高 周 波	30~40分	不良	646	70
4	凍 結+電気ヒーター	40~60分	良	910~918	98~99



第1図 各種乾燥法による温度変化

前田等(1948)⁴⁾は真空凍結乾燥の基礎実験より凝結器は容量を大きく、出来るだけ低温にすべきで被乾燥物の内部水分の拡散に依る乾燥は主として温度と Pen の状態に支配せられ、乾燥速度は単位面積当りの Pen 量の少いことより其の多孔質の緻密度が小さい程速い。到達含水率は被乾燥物及び其の形状にさしたる影響はなく乾燥速度に支配せられ 30°C で4.2%、 40°C で2.5%~2.5%であると述べている。Morse (1947)⁵⁾は熱

に敏感な物質（血漿、ペニシリン、オレンジ汁）の真空凍結乾燥に就いて述べ cold trap として静置型と共に連続的に冷却面より氷を除き、能率的な凝結面を形成する所謂回転型凝結器に就いて報告している。新聞(1949)⁽⁹⁾は Pen の凍結乾燥装置に必要な諸元を説明し生産用装置の 1 例を示している。これは Pen 10 乃至 20 万単位入 20c.c 瓶約 250 本を 2 時間程度で含湿度 1% 以下に乾燥する能力があり装置細部は次の如くである。

蒸発器： 容量約 70L の鉄板製円筒で内面にアルミ板を張り内部にアングル製枠を入れ 4 段に分け、瓶を入れた籠が入る様にする。各段の籠の底部には加熱用ヒーターを取付け（ヒーターの電力最高 600W）瓶には過熱を防ぐ為熱電対の一端を取付けるがこの指示温度は Pen 容器の外側温度が数十度であつても内容の凍結 Pen 溶液は融解することなく 0°C 以下であり乾燥した部分の温度は熱電対の指示温度に近いものである。他にガラス窓、仕上り品を取り出す際必要な空気漏洩口、及び空気濾過器が設備される。

凝結器： 鉄板製の円筒形で径 1/2" の銅管約 10m を蛇管に巻いたものを入れ、之に -30°C のブラインを通す。乾燥物よりの水蒸気は銅管の表面に氷状に氷結しその氷の厚さが 1cm 以上になつても凝結作用は有効で乾燥物 3.4 立送連続処理出来る。

真空ポンプ： 真空度 0.01 mmHg 程度でよいので普通回転真空ポンプが用いられる。（排気速度 200~300 立/分）

真空計： 放置管型真空計

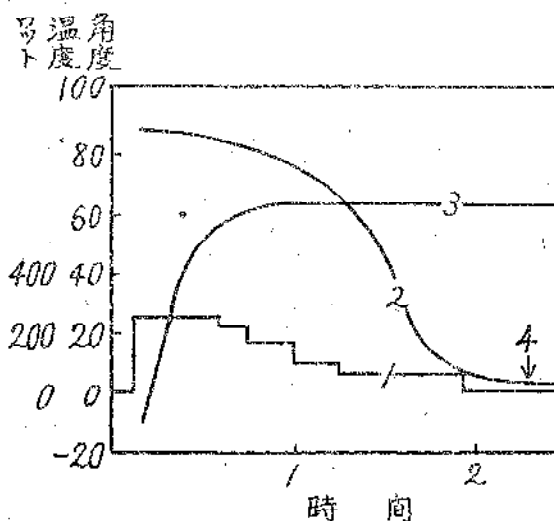
含湿度計： 乾燥経過及び乾燥終末を知る目的で蒸発器と凝結器の間に設け蒸発する水の量を測定する。

第 2 図には乾燥経過表示図を示す。

ストレプトマイシン（以下 Stm と記す）は Pen に比し熱に安定であるが一般に Sim 三塩酸塩の塩化カルシウム複合体の結晶を無菌的に発熱物質を含まない水に溶し除菌濾過を行い、これを不銹鋼製皿に入れ真空で凝結状態より乾燥し（最高温度 30°C）乾燥物を粉砕後関係湿度 10% の無菌室で瓶詰以下の操作が行われている。凍結乾燥法以外に配管式真空低温乾燥を行っているところもある。

Aureomycin, Terramycin⁽⁷⁾ も製品の乾燥には凍結乾燥が採用されている。

尙最近 Nord⁽⁸⁾ は一般的な昇華に関し論述している。



第 2 図 乾燥経過表示図

- 1: ヒーターの電力 2: 流量計の角度
3: 乾燥物の温度 4: 乾燥終了

b) 噴霧乾燥

牛乳、果汁等の乾燥に用いられる噴霧乾燥を Pen の最終濃縮液に適用した特許は二三見出される。

Étafrancais (1948)⁽⁹⁾ に依れば水素或は窒素気流中に Pen 塩類溶液を噴出せしめ塩類の乾燥粉末を得ており、又 Simon (1950)⁽¹⁰⁾ は 500 単位乃至 1000 単位/mg の Pen 溶液を 150~500°F にて回転円盤型 atomizer を用い連続的に噴霧乾燥を行つているが乾燥用ガスには空気、窒素、炭酸ガス、燃焼ガス、その他 inert gas を用い水分 5% 以下の lyophilized Pen より均一且つ微細な製品を得ている。

c) 真空乾燥

凍結乾燥法は Pen 工業の初期より実用せられたが乾燥終了迄長時間を要し且つ真空度の短時間の低下に依り凍結物は瓶中で融解、沸騰する恐れがあり、一度乾燥すると製品は瓶より取出すことが困難であり器壁への附着の損失も大である。（既述の様に、Pen の精製行程で Pen G の結晶が分離される様になり、今日では主として低温真空乾燥法が用いられるようになった。）

最終濃縮液の液相乾燥についてのべると Fainshtein 等 (1946)⁽¹¹⁾ は濃縮液に無水グルコース、クエン酸ソーダ或は磷酸塩を加え之をエーラルと混合し沈澱物は濾過後室温にて真空乾燥した居り、根井等は最終濃縮液の液相乾燥は凍結乾燥に比し乾燥状態、溶解性、が悪く力価の低下も大で後者に劣る事を報告している。Merk Co. の特許 (1949)⁽¹²⁾ に依れば Pen 塩類溶液を不溶解性溶媒例えばクロールベンゾール、ベンゾール、或は二塩化エチレンの単独或は混合物と混じ 15~80mm, 24°C 或は

それ以下で蒸溜し残った溶媒に懸垂せる塩類を濾別後50~100°C, 5~80mm で網乾する。

Bierwith (1950)¹³⁾ は普通の真空装置を用いPenの除濕を行う方法の特許している。(乾燥条件: 5mmHg, 温度 65°C)

Fortune 等 (1950)¹⁴⁾ は酵母の乾燥の如く真空ドラム乾燥を試み、実用に当り問題となる5つの問題

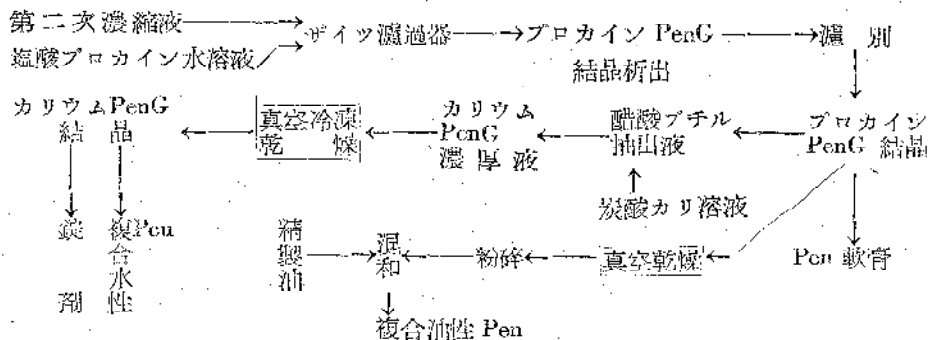
- ①被乾燥物質の供給方法
- ②乾燥完了物質の集積方法
- ③作業中無菌的なこと
- ④操作中の Entrainment loss の問題
- ⑤真空度の管理

は次に示す手段に依り解決している。

乾燥中比較的高真空に保たれており、Pen 溶液中に溶解する空気が供給作業中沸騰を起すので溶液の脱気装置を取付け、乾燥された製品は乾燥後ドラムよりナイフで掻き取り乾燥機の底部に落下させる。乾燥粉末を連続的且つ真空度の損失なく取り出す為に底部に漏斗を設け、特殊な adaptor のあるヴァルブにて漏斗を 22-1 ガラスフラスコに連結し、製品をフラスコ中に採取する時の真空度損失は乾燥機の外部より Vacuum by-Pass を設ける事に依り之は防ぐことが出来る。

製品を無菌的に保つには乾燥作業開始前に予め装置を殺菌し、次ぎに殺菌空気で装置内の真空部を除去する。装置の殺菌は 3lb/in² の蒸気で乾燥作業前に少くも 8 時間行い、殺菌後直に冷却操作、真空作業を行う後にする。vacuum exhaust stack の下に環状バツフルを設けると作業中の entrainment loss は防ぎ得る。真空度の管理は非常に重大な問題で余り高度であれば溶液が凍結状態となり低度であれば適当な能率的乾燥は望めない。乾燥装置には高圧水蒸気エゼクターがあり矛盾するがこれはneedle valveを用い除菌した空気を徐々に潮濕せしめ注意深く之を加減すると真空度は極く僅少な範囲内に保つことが出来る。上流の諸点を中間工業試験に依り解決せられ実用されたが、Pen の精製工程に溶液より Pen を直接結晶とし析出せしめる様になり此の装置は用いられなくなつたと報告している。

現在の Pen の精製工程の一例を示せば



Chloramphenicol は安定であるが粗結晶は真空乾燥を行い精製結晶は空気乾燥を行つている。Inskip 等 (1951)¹⁵⁾ の報告している Commercial Solvent Corp. の Bacitracin plant では bulk tray dryer で温度 65~75°C、圧力 100~200 ミクロンで無菌濾過濃縮液を乾燥し白色粉末を得ている。

Reeves (1952)⁷⁾ に依れば Char. Pfizer Co. の工業的な Terramycin 製造に於いて Q-tetramycin (tetramycin と Quaternary ammonium chloride との複合体) に対し Cabinet-type, 製品である tetramycin hydrochloride には vacuum tray type の乾燥機が用いられ尙副産物たる菌体、Tetramycin を除去せる培養残液に対しては夫々円筒型、噴霧型乾燥機が用いられ何れも回収されている。

d) 高周波乾燥

高周波真空乾燥は Pen の力価損失なく短時間に乾燥出来、且つ労力の点よりみても有利であるが装置の高価な事、量産的な諸問題が未解決な事及び結晶の乾燥には不利の様に見える。最終濃縮液を対象とした二三の研究を紹介する。

根井等 (1947)⁹⁾ は除濕槽、アンブル、平行平面電極、真空ポンプ (0.1mmHg) を用い、電圧 1300~2200V、波長 30m の条件で高周波法を凍結乾燥と併用し前述の結果を得たが、大容器で大量に乾燥する場合は高周波は有利であるが薄膜凍結法との併用は不利であり、液相よりの直接高周波真空乾燥に於いては力価損失がなく乾燥時間は短縮せられるが乾燥状態悪くグラチン様となり器壁に附着し溶解性も不良であると報告している。井出等 (1947)¹⁶⁾ は Pen の濃縮乾燥に応用し第 3 図 第 2, 3, 4 表の結果を得ている。

発振器: 最高出力 4KW, 波長 5~6 m

回転装置: 真空室内に回転軸をとす。300r. p. m.

真空度: 10⁻²mmHg

電極: コンデンサーに依る誘電加熱方式

電熱乾燥器: 1~3 mmHg, 30~60°C に保つ。

即ち放電の力価に及ぼす影響は初期では僅少であるが初期及び末期放電、出力の大なる場合は損失大である。

第 2 表 Final rich water の濃縮、乾燥

塩別	乾燥法	濃 縮 液			乾 燥 物			回収率 %
		u/c.c	c.c	全力量	u/mg	mg	全力量	
Ca	凍 結	18,500	540	10,000,000	169	54.2	9,150,000	92
Na	"	28,200	1.3	36,600	390	92	35,800	97
Na	高周波	"	1.3	"	399	90.2	26,000	98

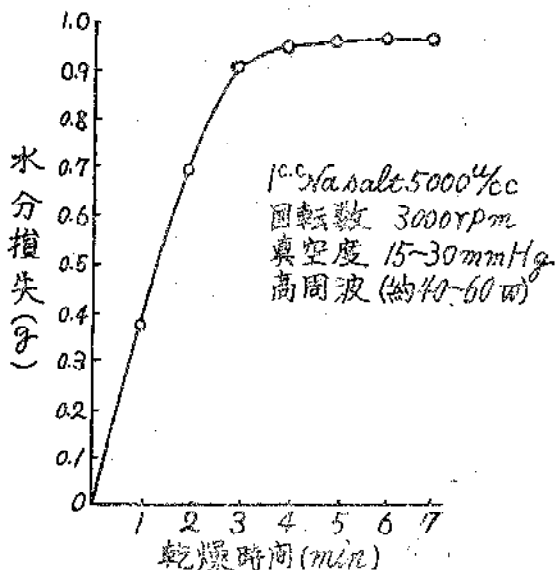
第 3 表

乾燥時の放電の影響 (原液力量 5000u/c.c., 高周波 40~60W, 真空度 15~30mm Hg)

放電状況	力量回収率
末期放電	60
初期及末期放電	"
"	56
初期放電	95~98
放電なし	96
常時放電(大)	47
初期放電(特に大、後小)	51

第 4 表

高周乾燥時間と回収力量	原液力量 4600u/c.c.
乾燥時間(分)	力量回収率
4.5	98
5	96
6.5	93
7.5	93
9	87



第 3 図

単一瓶に加える出力は大抵数十ワットが限度で乾燥時間が短い程力量の低下は少い。回転は気泡防止、表面積の

増大及び電気的好条件を與えるが Pen 溶液の器壁への附着状態が乾燥難易、乾燥時間、力量に関係し大体 2000~3000 r.p.m. が適當である。乾燥初期と末期とでは Pen 濃度が異なり、電気的性質も Pen に加わる出力も変化し透電率も末期は可成り小さく従つて最終的には Automatic impedance matching box が必要である。

以上の如く末期には乾燥困難となり高周波加熱のみでは相當長時間を要し器械作業能率も悪いので電熱装置にて末期乾燥を行つた。Pen 最終濃縮液が 3 万乃至 10 万單位/ml の場合でも同様良好な結果を得たと述べている。

c) 赤外線乾燥

Pen の赤外線乾燥に関しては未だ詳細な発表を見る機会がないが高周波乾燥同様価値あるものと思われる。

Stm 工業の廢物である放線菌の菌体には Stm その他栄養物質を含有し、家畜飼料として有効であるので最近之を赤外線乾燥し市販されている。

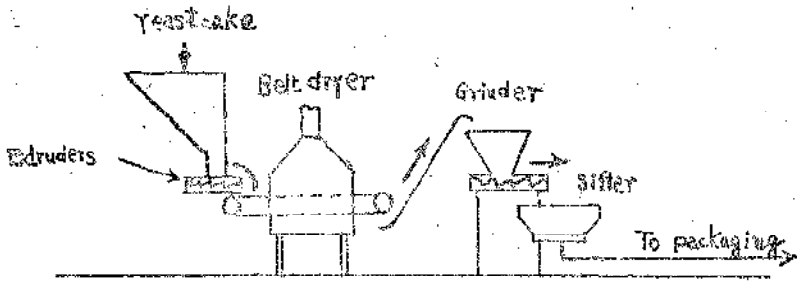
II 酵母の乾燥

酵母製品は用途によりパン酵母(圧搾酵母、乾燥酵母)食用酵母、藥用酵母、飼料酵母等があり、圧搾酵母は保存性少く輸送に不便なため之を乾燥して所謂 Active dry yeast がつくられる。酵母は乾燥すると其の醗酵力、生活力を減じ之を防ぐ為には多くの困難がある。乾燥機としては古くより円筒型が用いられ、食用酵母等は乾燥酵母程ではないが成るべく成分変化を避ける様注意が払われている。亀井等(1949)¹⁷⁾は酵母乾燥機として並流断熱トンネル式乾燥機を設計し其の運転法をも示した。即ち酵母形状、風速、湿度、温度等の基礎事項を検討し、処理能力 500kg/日 の場合全長 8.8m, 幅 1.8m となり之の内部に長さ 1.4m, 幅 1.1m の棚 12 段を重ねて 1 つのトラックに積み、この棚に水分 73% の糊状酵母を並べ 8 時間に水分 12% 迄乾燥する様にしてゐる。

Keipper(1950)¹⁸⁾は藥用酵母の製造に当り 5 つの重要問題に就いて述べ乾燥問題に対しては、真空乾燥を行えば非常に細い良製品が得られるが装置及び維持費が高価となり、噴霧乾燥は實際的で維持も比較的容易であるが装置に大きな空間を要する欠点があるので回転ドラム乾

燥機が最も安価に且つ大量に処理出来ると述べている。

Nordsiek (1951)²⁰⁾ は Fleischmann active yeast の製造行程を示し、第4図に示す様にフィルタープレスより



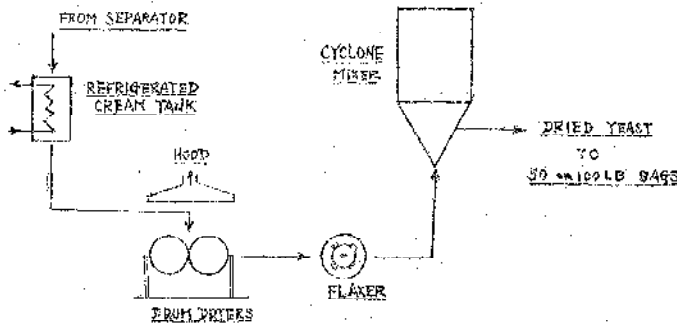
第4図

の cake は直ちに押出機にて破碎しベルト型乾燥機で乾燥する。

Inskop 等 (1951)²⁰⁾ は亜硫酸廃液より食用酵母をつくり錫鉄製円筒(長さ 120ft, 径 42ft) より或る回転ドラム型乾燥機にて 80lbs/in² の水蒸気で加熱し、乾燥中に発生する蒸気は円筒上に設けた Hood に集め塵突より放出せしめ、平均 6% の含水量の乾燥酵母を得ている。(第5図)

Ⅲ 蒸溜廃液の乾燥

アルコール、アセトン、ブタノール等の醱酵液より揮発性製品を溜出した残液は多くの木糖成分が含まれる故残液を次の仕込用水の一部に用いたり或は乾燥して飼



第5図

料、肥料に利用出来る。之の場合醱酵の種類及び原料に依り廃液の組成、従つて利用法を異にする。

Boruff (1947)²¹⁾ は穀類、糖蜜等を原料とする各

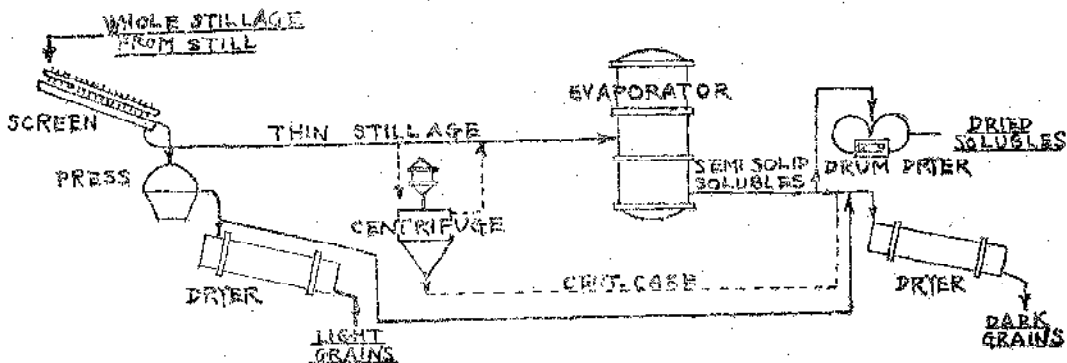
種醱酵残渣の飼料としての回収問題に就いて綜説し一般的回収装置(第6図)を示している。Midway 等 (1947)²²⁾ は固形分約 20~30% を含む廃液を 450°F ボイラーの煙道ガス中に噴出、乾燥しており煙道ガスの利用に依り著しく熱経済になる。廃液は長時間高温との接触は避けられ、得られる可溶性物質(Dried Sol-

ubles) はビタミン其他成分が保存せられ家畜飼料として使用可能である。Spanyer (1947)²³⁾ は thin stillage より可溶性物質の回収製法操作等に関し報告し、Pattee (1948)²⁴⁾ は蒸溜廃液の脱水、濃縮装置を特許している。即ち 60 メツシユの筒にて簡別後濃縮装置、濃縮塔をとほし水分約 5% の細粉水溶性蛋白質やビタミンに富んだ家畜飼料を得ている。Maglaughlin (1948)²⁵⁾ はビール工場或はアルコール工場廃液の濃縮乾燥装置を示し、Gordon (1948)²⁶⁾ は Flash dry 装置に就いて詳細な設計資料、実際のデータ、操作管理、乾燥機構造等を報告している。装置及運転記録を示すと第5表第7図の如くである。

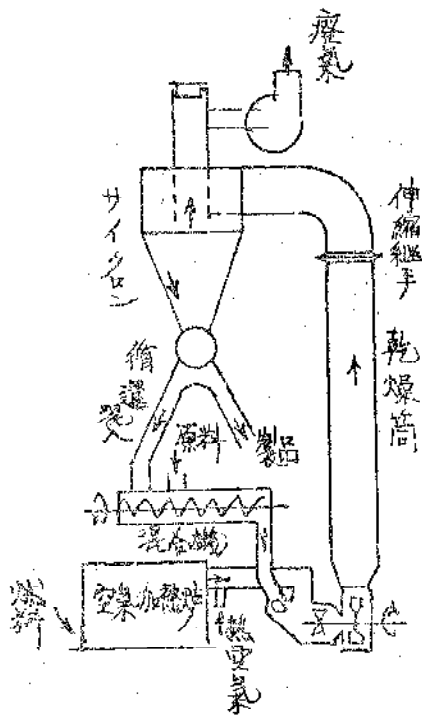
第5表 Flash Drying の運転記録例

(副生家畜飼料の場合)

蒸発能力	4536	kg/hr
原料水分	62	%
製品水分	12	%
入口ガス温度	538	°C
出口 "	107	°C
風量	792	m ³ /min
毎時製品量	3440	kg/hr
入口品温	21.2	°C
出口 "	66	°C
使用燃料	石炭	
熱使用率	973	kcal/kg水
動力消費	0.0022	kwh/kg水



第6図



第 7 図

Hermann等 (1949)²⁷⁾ も又廃液中の可溶性物質の経済的乾燥法として噴霧乾燥を述べ Ville La Salle, Que, Plant (Distillers Corp. Ltd.) の装置に就いても報告している。

VI 澱粉質の乾燥

澱粉質は腐敗し易いので貯蔵性を保たしめ年間を通じて醸造原料とする為には乾燥が最良の手段である。これには自然乾燥と加熱乾燥とがあり後者に用うる乾燥機に就いて最近の報告を紹介する。

Rivacke (1950)²⁸⁾ は馬鈴薯の乾燥について報告し、先づ馬鈴薯を蒸煮、冷却後凍結し分離された水分は減圧下に50%以下に除くか或は弱く加温して所定水分迄乾燥後遠心分離する。而る後短時間に 100~110°C にて乾燥して水分12%以下とする。Schopmeyer 等 (1947)²⁹⁾ は着色、香を害わない乾燥 Starch conversion product の製造装置を特許し、42°Bé のシラップを 180~230°F に加熱し速かに一完速度でコイル中を通し温度を 250~350°F に上昇して後乾燥シラップをベルト上に排出し冷風にて含水量 1~4%の均一な製品を得ている。Heyns 等 (1949)³⁰⁾ は澱粉製造の副産物である馬鈴薯搾汁より蛋白質に富む飼料を噴霧乾燥により得ている。

種々の澱粉質より澱粉を製造する場合我国では天日乾燥を主としているが欧米では古くより種々の乾燥機(蒸気加熱式円筒乾燥機、回転式真空乾燥機、ベルト型乾燥

機噴霧型乾燥機等) が用いられている。

Reichenberg (1949)³¹⁾ は馬鈴薯澱粉製造の場合次の利点があるので噴霧乾燥を行っている。

- ① 設備費の節減
- ② 作業費の低廉
- ③ 作業面積の低減

即ち濾過器を出た水分約40%の澱粉乳を除塵装置を設備してある噴霧乾燥機に供給し数秒以内に最終水分に到達せしめ絹布で篩別し袋詰としている。Hightower (1949)³²⁾ は玉蜀黍工場に就いて報告しているが使用乾燥機は

- 胚芽、グルコース……回転ドラム型
- 浸漬液……………噴霧型
- 澱粉……………回転ドラム型

を用いている。穀粒より分離せられた胚芽は脱水篩、プレスにて大部分の水分が除去せられ回転ドラム乾燥機内部に設けられた蒸気管で加熱され水分約4%となり次の搾油工程に行く。浸漬液の濃縮液及び処理残渣は混合し之を噴霧乾燥する。(装置は第7図参照) 乾燥不完全なものは更に第二の乾燥機をとほし、撕くして蛋白質23%, 41% を含む二種類の家畜飼料が得られる。澱粉はドラム型の乾燥機にて連続に乾燥せられ、又澱粉より得られるグルコースも回転水平型ドラムで乾燥が行われる。

V 其他の乾燥

醸酵及び食糧工業に於いて其の他酵素製品、水産物、牛乳製品等に関し記述すべきであるが之等は別の機会に譲る事とし以下果汁及びコーヒーの乾燥に就いての最近の報告を紹介する。

Morse(1947)³³⁾ に依れば Plymouth(米国)の Vacuum Food Corp. の工場では日に 60,000 ガロン以上の果汁を高度の真空乾燥技術を以つて濃縮物及粉末がつくられている。此処では垂直型乾燥機を用いて固形分50%の濃縮液を 8mmHg で真空乾燥しているが乾燥機には天々5つの径25インチの回転型凝結器が附属し(各単位の最大容量は水蒸気 50lbs/hr (100ミクロン)、100lbs/hr (250ミクロン) ice ejector にて水蒸気を連続的に自動的に排除出来るようになってゐる。

Schwarz(1948)³⁴⁾ はオレンジ果汁、コーヒーを用いて熱に放散な物質の乾燥問題を中間工業的規模で検討している。真空乾燥は多くの利点があるが排除すべき水蒸気価格が 500ミクロン以下の圧力のもとでは著しく高価になるので水分は出来るだけ高圧力のもとで排除し最小量の水分のみを真空乾燥にて除くようにする必要がある。液相よりの乾燥速度は凍結状態よりのそれに比し大であるが製品の品質が劣るので 1mm 以下の真空度で薄膜乾燥を行う方法が適當である。

生産技と術

真空乾燥機は設計上

- ① 連続作業可能なる事
- ② 気密なる事
- ③ 乾燥面積は長時間有効なるべき事
- ④ 薄膜が乾燥面上にて均一によく乾燥される事
- ⑤ 設備費の低廉、労力の少い事

の諸点の充足が要求せられる。先づオレンジ果汁の乾燥機としては径 6ft, 乾燥面積 283ft² で装置内は 500 ミクロン以下に保ち噴霧ノズルより器壁に向つて固形物 50% の濃縮果汁を噴出せしめる。濃縮液は壁上に粘りな薄膜となつて附着し水蒸気の急速な排出の為 3 インチ以上吹き出る。薄膜は所定水分に達する迄乾燥せしめ壁より掻き取られ可動出来る容器に落下せしめる。之の場合真空度低下を防ぐ目的で Flapper valve を設備してあるので乾燥機は連続的でないが原料供給、製品取出しを連続的に行う事が出来る。水蒸気排除と真空度保持の為回転凝結器と四段蒸気エゼクターを設け、前者は圧力 100 ミクロンで水蒸気 2.5lbs/hr の処理能力を有し器壁に凝結する水蒸気は連続的に排除される。原料供給時の装置内の圧力は液状濃縮物よりの蒸気噴出に依り急速に上昇し最高 1500 ミクロンに達し(之は供給開始後 10~20 分間続く)以後緩徐に下り作業終了時迄には 200~300 ミクロン迄下降する。

コーヒーの抽出液の場合は上記と異なり乾燥面が可動する方式が採用されベルト型となし原料は oscillating spray nozzle より噴出しベルト上に堆積する。ベルトは幅 24 インチ、長さ 18ft で乾燥面積 25ft² であり乾燥粉末は spray nozzle の復衝程端部よりスクレーパーにて掻き取られ可動出来る容器に落下せしめる。(この容器は乾燥作業を妨げずに除去出来る) ベルトには変速装置と時間の自動制御装置 (Automatic time cycle control) が附属し乾燥回路は数分より数時間迄変える事が出来、oscillating spray arm はベルト計時器と同時に作動しソレノイド型 spray nozzle を有する。空気は真空ポンプで 100ft³/min の速度で排除され水蒸気は連続的にハロゲン化リチウム、塩化カルシウム、或は之等の混合物を用いた循環ラインに吸収される。乾燥機上の原料薄膜の性質は nozzle の選択、噴出圧力、ベルト速度に依り制御する。原料としては焙煎粉砕したコーヒー豆の抽出液(固形分 35%) を用い、之は脱気後 10mmHg で濃縮後乾燥工程に送る。

以上用いられた装置による両物質の乾燥速度を示す下次表の如くである。

尚食品の噴霧乾燥装置に関しては Seltzer²⁴⁾ 及び Settlemeyer (1949)²⁴⁾ は乾燥機構と共に詳細に解説している。

	薄 膜 (固形物 lb/ft ²)	各含水量到達する 時間(分)	
		3.5%	1.0%
コーヒー抽出液 (固形分 35%)	0.017	2.7	10.6
	0.032	7.4	17.6
オレンジ濃縮液 (固形分 50%)	0.046	9.5	39.0
	0.092	26.0	45.0

終りに恩師照井教授の御校閲に対し深く感謝の意を表すものである。

参 照 文 献

- 1) Fleming, A.: "Penicillin, its practical application", Butterworth & Co. LTD. (1946)
- 2) Singer, J.H.: Proc. Inst. Refr'g. (Lond) 43 167 (1946~47)
- 3) 根井、竹田、小田柿: ペニシリン I—9.581 (1947)
- 4) 前田、三代、松本: ペニシリン II—2.137(1948)
- 5) Morse, R.S: Ind. Eng. Chem, 39, 1064(1947)
- 6) 新聞: 化学機械 13 120 (1949)
- 7) Reeves, R.V: Chem. Eng. 67(No.1)145(1952)
- 8) Nord, M: Chem. Eng. 66 (No.7) 157 (1951)
- 9) Fr. P. 940513 (1948)
- 10) Simon, J.: Brit. P. 625924 (1949)
- 11) Fainshtein, B.B. and Berkooskaya: U.S.S.R. 67567 (1946)
- 12) Brit. P. 622305 (1949)
- 13) Birwirth, R.A.: U.S.P 2512604 (1950)
- 14) Fortune, W.B., et.al.: Ing. Eng. Chem. 42 191 (1950)
- 15) 照井等: 本誌 3 (12) (1951)
- 16) 井田、尾崎、水間: ペニシリン I—9 594, 596 (1947)
- 17) 龜井、相榮: 化学機械 13 124 (1949)
- 18) Keipper, C.H: Food Ind. 22 No. 8, 1375(1950)
- 19) Nordsiek, F. W: Food Eng. 23 No. 5, 122(1951)
- 20) Inskeep, G.C.etal: Ind. Eng. Chem 43 1702 (1951)
- 21) Boruff: Ind. Eng. Chem. 39 602 (1947)
- 22) Ridway, J. W et al: Proc. 3rd. Ind. Waste Conf. Purdue. Univ. Eng. Bull. Extension Ser No. 641, 28 (1947)
- 23) Spanyer, J.W.: Chem. Eng. Progress 43 No. 10 523 (1947)
- 24) Pattee, E.C.: USP 2,434,672 (1948)

- 25) Maglaughlin, J. W. : USP 2,440,778 (1948)
- 26) Gordon, C. W. : Chem. Eng. Progress 45 No. 8, 477 (1948)
- 27) Herman, A. et al : Can. Chem. Process Inds. 33 211, 215 (1949)
- 28) Rivache, F. J. : USP 2,520,891 (1950)
- 29) Schopmeyer, H. H. et al : U. SP 2429,964(1947)
- 30) Heyns, K. and Graefe, G. : Z. Lebensmittel-untersuch u Forsh. 89 255 (1949)
- 31) Reichenberg, H. F. : Chem. Eng. 56 No. 6 120 (1949)
- 32) Hightower, J. V. : Chem. Eng. 56 No 6 92, 144 (1949)
- 33) Schwarz, H. W. : Ind. Eng. Chem. 40 938, 2028 (1948)
- 34) Seipzard, E and Settlemyer, J. T. : Advance in Food Research Vol. II 399 (1949)

赤外線による塗料の乾燥

総合塗裝文化研究所 大 島 重 義

(熊谷教授紹介)

(1) ま え が き

赤外線熱を塗料の焼付乾燥に応用する試みはアメリカに於ては既に十数年前から行はれたが、赤外線電球の発達と合成樹脂塗料の進歩とによりて第2次世界大戦中にその工業方面への普及が顯著となり、大戦後我国にも赤外線を応用する塗裝工業が次第に増加して来た。終戦後我国の輸出雑貨の塗裝が外国製品に比べて見劣りすると云う非難が多いために塗裝方法の改良が重要な問題となり、赤外線による合成樹脂塗料焼付仕上げが金属製品的美装、防蝕に最も適當であることが廣く認識される様になつて赤外線電球の製造、赤外線乾燥炉の設計、之れに適合する塗料の製造等の諸問題も漸く解決して、本格的に塗裝工業の新分野を形成するに至つた。

(2) 赤外線乾燥の特色

熱の移動は傳導、対流及び輻射によつて行はれる。傳導は固体内の媒播で、対流は液体、気体内の分子の対流による傳播である。輻射は傳導媒体なしに熱の傳播が行はれるから媒体加熱のための熱の損失なく発熱物体から直接に加熱せんとする物体に熱の移動が行はれるので熱の合理的使用に適ふもので、赤外線熱の傳導は輻射によるから無駄のない熱の使い方である。

ニクロム線による電熱やガス、木炭等を熱源とする対流炉では先づ対流媒体である炉内の空気を熱して空気温度が所要温度例えば100度になつてから塗裝物の焼付乾燥を行うから仕事開始までに相当の時間を要する、赤外線炉では電気のスイッチを入れれば直ちに所要の熱は輻

射線となつて被塗物を加熱するから仕事はすぐに始められる、終業時にもスイッチを切れば輻射は直ちに止むから熱の無駄は少しもなく有効に熱の利用が行はれる。

焼付時間の短縮も特長の一つに数えられる。対流炉に於て1時間加熱を必要とする塗料でも赤外線炉では15分乃至30分で充分である。赤外線炉では被塗物は輻射熱が塗膜に吸収されて鉄面に達し、赤外線を通過しない鉄面で反射して再び塗膜を通過して二重の効果を與えるから乾燥時間を短縮するものと考えられておる。此の外に被塗物である鉄材の温度上昇の速かなこと等も乾燥迅速の理由とされておる。理論は免も角乾燥時間の著しく早くなることは事實である。普通に使はれる対流炉では白及び淡色塗料よりも黒色塗料の方が一般に乾燥が遅いのであるが、赤外線炉では白は反射大であり、黒は吸収が多いから熱効果から云えば黒の方が良好であるから乾燥も白に比べて黒の方が早いのは當然である。

焼付乾燥炉の内容の各部分の温度を均等に保つことは対流炉では困難であるが赤外線炉では容易に出来る。特に被塗物をコンベヤーによりて移動する方式の赤外線炉ならば炉内の赤外線照度分布に多少の不均等があつても被塗物への影響を極少にすることが出来る。赤外線電球と被塗物との距離の大小による影響も熱の不均等の原因になるけれどもこれは炉の構造によりて避け得られるのである。炉内の被塗物の照度の均一が保たれやすいから焼付乾燥の操作が被塗物個々について及び被塗物の各部分に於て均等に行はれ、部分的に又は個々に焼き足りないとか焼過ぎとか云う不揃いの仕上りが少ないので、焼は操作に不良品の出来高を少くするのに役立つのである。